Phase transition of ferromagnetic Fermi liquids

伊豆山 健夫（東大教養）

伝導電子の常磁性状態から強磁性状態への相転移に於ける臨界現象を調べる。但し，伝導電子のエネルギー帯には縮退がなく，クーローム斥力はそのレンジが一つの atomic cell の中にしか及ばないという簡単化されたモデルを考える。この系の magnetic susceptibility $\chi(q,\omega)$ が $T \to T_c + 0^+$ でどの様に振舞うかを調べる。R. P. A. では $\chi(q,0)$ が Ornstein－Zernike 型になる訳であるが，それは，オーダー，パラメーターのゆらぎに関して線型化された近似であって，臨界現象ではゆらぎが大きくなるので非線型効果を採り入れなければならぬ。最低次の非線型効果は ―このモデルでは― 個別粒子運動が磁化のゆらぎと coupie して乱される効果を採り入れる事によって正しく考慮される。但し，その様な近似法に訴える場合，$\chi(p,\omega)$ の型は，その近似が下記の要請を充しているか否かによって左右される。

1）磁化密度と磁化の流れの flux との間に成立つ保存則

2）スピン空間に於る回転対象性

ここでは 1）は厳密に充されている様な近似が採用された。残念ながら，2）については確かに充されているとは云い難い。更に，一粒子グリーン関数のマス・オペレーターを求める際，磁化のゆらぎは長波長，且つ small frequency のフーリェ成分"だけ"は厳密に採り入れる事が出来る様な近似を採用する。マス・オペレータの近似型が決ると，1）の要請によって，二粒子グリーン関数の近似型がユニークに決ってしまって，$\chi(q,\omega)$ が求まってしまう。その結果は，

$$\chi(q,0)^{-1} = A.(T-T_c)^{\alpha} + B.q^{3/2} + O(q^2) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

となって，Ornstein－Zernike 型にはならない。

$q^{3/2}$ が単独で現われた事は，多分 2）が充されていない事によるのであろう。正しくは $[(T-T_c)^n + Cq^2 + \cdots\cdots]^{3/4}$ の様な型になるのであろう。しかし q が $T-T_c$ のある power より充分大きいなら（$q \ll k_F$ の条件下で），上の結果 (1) は良い近似になっていると思われる。

ついでであるが，$T \to T_c + 0^{+}$ に於ても，所謂 mass－enhancement はない，然し個別粒子状態の巾が大きくなる（critical broadening），事がわかった。

Critical Fluctuationの非線型効果

蔵 本 由 紀（京大理）

Cooperative system の自由エネルギーは local order parameter の非線型効果まで考りょに入れると近似的に，

$$F = \sum_{\mathbf{K}} (a_1 - a_2 \gamma_{\mathbf{K}})\, \eta_{\mathbf{K}} \eta_{-\mathbf{K}} + \frac{a_3}{N} \sum_{\mathbf{K}_1\mathbf{K}_2\mathbf{K}_3} \eta_{\mathbf{K}_1} \eta_{\mathbf{K}_2} \eta_{\mathbf{K}_3} \eta_{-\mathbf{K}_1-\mathbf{K}_2-\mathbf{K}_3} \quad \text{-----}(1)$$

と書かれる。（物性研究 vol. 8 no. 1，p. 57）ここに η_K は local order parameter のフーリエ成分である。

$$\xi^{(1)}_{\mathbf{K}} = \eta^{(1)}_{\mathbf{K}}, \qquad \xi^{(2)}_{\mathbf{K}} = \frac{1}{N} \sum_{\mathbf{K}_1, \mathbf{K}_2, (\mathbf{K}_1+\mathbf{K}_2) \neq \mathbf{K}} \eta_{\mathbf{K}_1} \eta_{\mathbf{K}_2}\, \eta_{-\mathbf{K}_1-\mathbf{K}_2+\mathbf{K}}$$

で定義される量 $\xi^{(1)}_k$，$\xi^{(2)}_k$ を用いると $\xi^{(1)}_k$，$\xi^{(2)}_k$ に関する effective free energy は多少やっかいな議論の結果次の形に書ける。

$$F(\xi^{(1)}_{\mathbf{K}}, \xi^{(2)}_{\mathbf{K}}) = A_{11}(\mathbf{K})\, \xi^{(1)}_{\mathbf{K}} \xi^{(1)}_{-\mathbf{K}} + A_{12} (\xi^{(1)}_{\mathbf{K}} \xi^{(2)}_{-\mathbf{K}} + \xi^{(2)}_{\mathbf{K}} \xi^{(1)}_{-\mathbf{K}})$$

$$+ A_{22}(k)\, \xi^{(2)}_k \xi^{(2)}_{-k} = \boldsymbol{\xi}_{\mathbf{K}}^{*} A\, \boldsymbol{\xi}_{\mathbf{K}}. \quad \cdots\cdots(2)$$

ここに，

$$A_{11}(\mathbf{K}) = a_1 - a_2 \gamma_{\mathbf{K}} + 6 a_3 \frac{1}{(2\pi)^3} \int \phi_{\mathbf{K}}\, d\mathbf{K}, \quad A_{12} = 4 a_3$$